

## Apparatus for manufacturing molten pig iron and reduced iron by utilizing fluidized bed, and method therefor

Publication number: CN1248297

Publication date: 2000-03-22

Inventor: HOON JOO SANG (KR); DEUK LEE SANG (KR);  
YOUNG CHO MIN (KR)

Applicant: PO HANG IRON & STEEL (KR)

Classification:


- International: **C21B13/00; C21B13/14; C21B13/00; C21B13/14;**  
(IPC1-7): C21B13/14

- European: C21B13/14

Application number: CN19988002717 19981218

Priority number(s): KR19970071434 19971220; KR19980048452 19981112

Also published as:

 W 09932668 (A1)  
E P0973950 (A1)  
US 6277324 (B1)  
E P0973950 (A0)  
CA 2281595 (A1)

more >>

Report a data error here

Abstract not available for CN1248297

Abstract of corresponding document: **WO9932668**

An apparatus and a method for manufacturing molten pig iron by using a fine iron ore are disclosed. Coal is used to produce a reducing gas, and a fine iron ore is used to produce a molten iron and a reduced iron in a simple and efficient manner. The apparatus for manufacturing a molten iron by directly using coal as the fuel according to the present invention is characterized as follows. A high temperature reducing gas is sent from a melter-gasifier (11) for a fluidized bed lime stone calcining furnace (12) to calcine lime stone. Then the reducing gas is supplied to a second fluidized bed reducing furnace (13) so as to manufacture a reduced iron directly. An off-gas from the second fluidized bed reducing furnace (13) is supplied to a first fluidized bed reducing furnace (14) (disposed above the second fluidized bed reducing furnace (13)) to pre-heat and pre-reduce the fine iron ore. The calcined lime stone and the finally reduced iron are supplied to a melter-gasifier (11) to manufacture a molten pig iron.

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

[19]中华人民共和国国家知识产权局

[51]Int. Cl.

C21B 13/14

## [12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 98802717.8

[43]公开日 2000 年 3 月 22 日

[11]公开号 CN 1248297A

[22]申请日 1998.12.18 [21]申请号 98802717.8

[30]优先权

[32]1997.12.20 [33]KR [31]71434/1997

[32]1998.11.12 [33]KR [31]48452/1998

[86]国际申请 PCT/KR98/00438 1998.12.18

[87]国际公布 WO99/32668 英 1999.7.1

[85]进入国家阶段日期 1999.8.20

[71]申请人 浦项综合制铁株式会社

地址 韩国庆尚北道浦项市

共同申请人 浦项产业科学研究院

奥地利钢铁联合企业阿尔卑斯工业设备  
制造有限公司

[72]发明人 周相勋 李相德 申明均

李喏赫 赵敏永 金倅久

姜兴远

[74]专利代理机构 中原信达知识产权代理有限责任公司

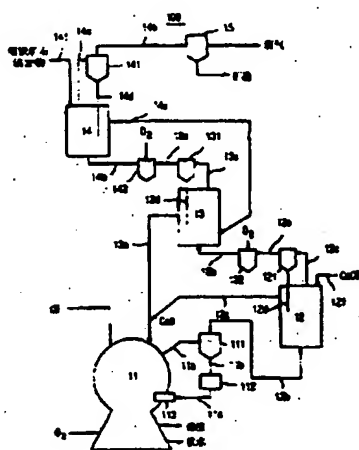
代理人 顾红霞 朱登河

权利要求书 7 页 说明书 17 页 附图页数 5 页

[54]发明名称 利用流化床制备熔融生铁和还原铁的装置,及其方法

[57]摘要

公开一种使用细铁矿石制备铁水的装置和方法。使用煤产生还原性气体,并以简单而有效的方式使用细铁矿石制得铁水和还原铁。直接使用煤作为燃料制备铁水。将高温还原性气体从熔化气化炉送到流化床石灰石煅烧炉以煅烧石灰石;还原性气体被供入第二流化床还原炉以便直接制备还原铁;从第二流化床还原炉排出的气体被供入第一流化床还原炉(位于第二流化床还原炉上方),以便预热和预还原细铁矿石;以及煅烧后的石灰石和最后还原铁被供入熔化气化炉以制备铁水。



ISSN 1008-4274

# 权利要求书

1. 一种直接采用煤作为燃料生产铁水的铁水制备装置，包括：

第一流化床还原炉（14），用于预热和预还原细铁矿石；

5 第二流化床还原炉（13），用于间接还原细铁矿石；

熔化气化炉（11），用于气化煤和熔化还原后的铁矿石；

第三流化床煅烧炉（12），用于利用熔化气化炉（11）排出的气体煅烧石灰石；

10 循环旋流分离器（121、131、141），用于捕获第一至第三流化床炉（12、13、14）排出气体中的细粉尘，并将粉尘再循环到各流化床炉；

粉尘旋流分离器（111），用于将（从熔化气化炉 11 的还原性气体中分离出的）粉尘送入粉尘再循环装置（112），并将（从粉尘中分离出的）排出气体供给第三流化床煅烧炉（12）；

15 安装在熔化气化炉（11）上的熔化燃烧器（113），用于把来自粉尘再循环装置（112）的细粉尘喷射到熔化气化炉（11）中；

文丘里洗涤器（15），用于接受第一流化床炉（14）的第一循环旋流分离器（141）排出的气体，以捕获并冷却残余粉尘；

20 原材料供应管（14f），与第一流化床还原炉（14）连接，用于供应细铁矿石和添加物；所述第一流化床还原炉（14）通过第一还原铁排放管（14a）与所述第二流化床还原炉（13）相连，以供应铁矿石；所述第一炉（14）通过第一气体供应管（14b）与所述第二流化床炉（13）相连，以供应气体；第一废气排放管（14c）与所述第一炉（14）的顶部相连，以排放废气；所述管（14c）与所述第一循环旋流分离器（141）相连；所述第一流化床还原炉（14）通过第一粉尘循环管（14d）连接到所述第一旋流分离器（141）以接受粉尘；

25 文丘里洗涤器（15）通过第二废气排放管（14e）连接到所述第一循环旋流分离器（141）上；

30 所述第二流化床还原炉（13）通过第二还原铁排放管（13a）与所述熔化气化炉（11）相连通；所述第二炉（13）底部通过第二气体

供应管（13b）与所述第三流化床煅烧炉（12）连通，以接受气体；  
第三废气排放管（13c）与所述第二炉（13）的顶部相连以排放气体；  
所述废气排放管（13c）与所述第二循环旋流分离器（131）连通；所  
5 述第二流化床还原炉（13）通过第二循环管（13d）与所述第二循环  
旋流分离器（131）连通以接受粉尘；

第四废气排放管（13e），通过所述第一气体供应管（14b）与所  
述第二循环旋流分离器（131）相连，用于将废气供应给所述第一流  
化床还原炉（14），同时废气与粉尘分离；

10 所述第三流化床煅烧炉（12）与石灰石供应管（12f）相连，后  
者又与石灰石源相连，以便供应石灰石；所述第三炉（12）与生石灰  
排放管（12a）相连，用于排放煅烧后的生石灰；所述管（12a）与第  
二还原铁排放管（13a）相连；所述第三流化床煅烧炉（12）底部通  
过第三气体供应管（12b）与所述粉尘旋流分离器（111）相连以接受  
15 气体；第五废气排放管（12c）与所述第三炉（12）的顶部相连，以  
排放气体；所述第五废气排放管（12c）与所述第三循环旋流分离器  
（121）相连；所述煅烧炉（12）通过第三粉尘循环管（12d）与所述  
第三循环旋流分离器（121）相连，以接受粉尘；

20 所述第三循环旋流分离器（121）与第六废气排放管（12e）相连  
（后者又与气体供应管（13b）相连），用于将废气供应到所述第二  
流化床还原炉（13），此时粉尘与气体分离；以及

25 还原性气体排放管（11a）（与粉尘旋流分离器（111）连通）与  
熔化气化炉（11）相连；第二还原铁排放管（13a）（与所述第二流  
化床还原炉 13 连通）与所述熔化气化炉（11）相连；所述粉尘循环  
装置（112）通过一粉尘排放管（11b）与所述粉尘旋流分离器（111）  
30 连通；所述粉尘循环装置（112）通过粉尘注入管（11c）与安装在熔  
化气化炉（11）上的熔化燃烧器（113）连通。

2. 如权利要求 1 所述的铁水制备装置，其特征在于，第一气体  
30 加热器（142）和第二气体加热器（132）分别安装在所述第一气体供  
应管（14b）和所述第四废气排放管（13e）之间，以及第二气体供应

管 (13b) 和第六废气排放管 (12e) 之间。

3. 一种直接采用煤作为燃料生产还原铁的铁水制备装置，其特征在于，在权利要求 1 所述的铁水制备装置中，第二流化床还原炉 (13) 的第二还原铁排放管 (13a) 不与熔化气化炉 (11) 相连，但  
5 作成与外界相连或与制团机 (16) 相连以生产团块。

4. 如权利要求 3 所述的还原铁制备装置，其特征在于，生石灰供应管 (12g) 安装在流化床煅烧炉 (12) 和所述制团机 (16) 之间，  
10 用于在生石灰在所述流化床还原炉 (12) 内煅烧后供应部分生石灰。

5. 如权利要求 3 或 4 所述的还原铁制备装置，其特征在于，第一气体加热器 (142) 和第二气体加热器 (132) 分别安装在所述第一气体供应管 (14b) 和第四废气排放管 (13e) 之间，以及第二气体供应管 (13b) 和第六废气排放管 (12e) 之间。  
15

6. 一种直接利用煤作为燃料制备铁水的方法，它包括以下步骤：  
将高温还原性气体从熔化气化炉 (11) 送入流化床石灰石煅烧炉 (12) 以煅烧石灰石；  
20

将还原性气体供入第二流化床还原炉 (13) 以直接生产还原铁；  
将所述第二流化床还原炉排出的气体供入 (位于第二流化床炉 13 上方的) 第一流化床还原炉 (14) 以预热和预还原细铁矿石；并将煅烧后的石灰石和最终还原铁供入熔化气化炉 (11) 以生产铁水；

其特征在于：

30-50% 的添加物石灰石能被流化床煅烧炉 (12) 处理，其余的  
50-70% 石灰石被第一流化床还原炉 (14) 处理；以及  
25

氧气注入第一气体加热器 142 和第二气体加热器 132，以燃烧部分还原性气体从而通过由此产生的热调节还原性气体的温度。

7. 如权利要求 6 所述的方法，其特征在于，第一流化床还原炉  
30

(14) 的流化床温度保持在 750-800℃, 所述第二流化床还原炉 (13) 的流化床温度保持在 830-870℃。

8. 一种直接采用煤作为燃料生产铁水的铁水制备装置, 包括:

5 第一流化床还原炉 (34), 用于第一次预还原和煅烧细铁矿石和细添加物;

第二流化床还原炉 (33), 用于第二次预还原细铁矿石和煅烧细添加物;

10 第三流化床还原炉 (32), 用于接受在第二流化床还原炉 (33) 中经还原和煅烧的细铁矿石和细添加物, 并用于接受除用于第一流化床还原炉 (34) 之外的附加细铁矿石和细添加物, 而且利用熔化气化炉 (31) 排出的气体最终还原细铁矿石和最终煅烧细添加物;

15 熔化气化炉 (31), 用于接受来自所述第三流化床还原炉 (32) 的最终预还原的细铁矿石和最终煅烧的添加物, 以熔化和还原它们而制得铁水;

粉尘旋流分离器 (311), 用于将来自所述熔化气化炉 (31) 的 (从还原性气体中分离出的) 粉尘送入粉尘再循环装置 (312), 并将 (从粉尘中分离出的) 废气供给第三流化床还原炉 (32);

20 安装在所述熔化气化炉 (31) 上的熔化燃烧器 (313), 用于接受来自所述粉尘再循环装置 (312) 的细粉尘, 以将它们喷射到所述熔化气化炉 (31);

循环旋流分离器 (321、331、341), 用于从所述流化床还原炉 (32、33、34) 排出的气体中捕获细粉尘, 以将它们循环回所述各个流化床炉;

25 文丘里洗涤器 (35), 用于接受第一流化床还原炉 (34) 的第一循环旋流分离器 (341) 排出的气体, 以捕获并冷却残余粉尘;

30 第一流化床还原炉 (34) 与原材料供应管 (34f) 相连, 用于接受细铁矿石和细添加物; 所述原材料供应管 (34f) 也与一细铁矿石供应管 (34f1) 相连, 后者又与细铁矿石源相连; 所述管 (34f) 与第一添加物供应管 (34f2) 相连, 后者又与添加物源相连; 第一流化床还

原炉（34）通过第一还原铁排放管（34a）与第二流化床还原炉（33）连通，以运送铁矿石；所述第一炉（34）底部通过第一气体供应管（34b）与第二流化床还原炉（33）相连，以接受气体；所述第一炉（34）顶部与第一废气排放管（34c）相连，以排放废气；第一废气排放管（34c）又与第一循环旋流分离器（341）相连；所述第一流化床还原炉（34）通过第一粉尘循环管（34d）与第一循环旋流分离器（341）连通，以循环粉尘；

文丘里洗涤器（35）通过第二废气排放管（34e）与第一循环旋流分离器（341）相连；

第二流化床还原炉（33）通过第二还原铁排放管（33a）与第三流化床还原炉（32）连通；所述第二炉（33）底部通过第二气体供应管（33b）与第三流化床还原炉（32）相连；所述第二炉（33）顶部与第三废气排放管（33c）相连；第三废气排放管（33c）与第二循环旋流分离器（331）连通；第二流化床还原炉（33）通过第二粉尘循环管（33d）与第二循环旋流分离器（331）连通以循环粉尘；

第二循环旋流分离器（331）与第四废气排放管（33e）相连，该管（33e）与第一气体供应管（34b）相连，用于在将气体与细粉尘分离后向第一流化床还原炉（34）供应废气；

第三流化床还原炉（32）与第二添加物供应管（32f）相连，后者又与第一添加物供应管（34f1）相连，用于从添加物源供应诸如石灰石或白云石之类的添加物；第三流化床还原炉（32）与第三还原铁排放管（32a）相连，用于运送最终还原铁和煅烧后的生石灰，并且管（32a）与熔化气化炉（31）相连；第三流化床还原炉（32）底部通过第三气体供应管（32b）与粉尘旋流分离器（311）相连以接受气体；所述第三炉（32）的顶部与第五废气排放管（32c）相连用于排放废气；该管（32c）与第三循环旋流分离器（321）相连；第三流化床还原炉（32）通过粉尘循环管（32d）与第三循环旋流分离器（321）相连；

第三循环旋流分离器（321）与第六废气排放管（32e）相连，该管（32e）与第二气体供应管（33b）相连，用于在废气与粉尘分离后

将废气供应给第二流化床还原炉 (33) ; 以及

熔化气化炉 (31) 与还原性气体排放管 (31a) 相连, 并且该管 (31a) 与粉尘旋流分离器 (311) 相连; 粉尘再循环装置 (312) 通过粉尘排放管 (31b) 与粉尘旋流分离器 (311) 连通, 并通过粉尘注入管 (31c) 与安装在熔化气化炉 (31) 上的熔化燃烧器 (313) 相连。

9. 如权利要求 8 所述的铁水制备装置, 其特征在于, 第一气体加热器 (342) 和第二气体加热器 (332) 分别安装在所述第一气体供应管 (34b) 和所述第四废气排放管 (33e) 之间, 以及第二气体供应管 (33b) 和第六废气排放管 (32e) 之间。

10. 一种直接利用煤作为燃料制备铁水的方法, 它包括以下步骤:

通过原料供应管 (34f) 将细铁矿石和部分细添加物 (相当于添加物总需求量的 50-70%) 送入第一流化床还原炉 (34), 利用第二流化床还原炉 (33) 排出的气体预热和预还原细铁矿石和煅烧添加物;

将来自第一流化床还原炉 (34) 的预热和预还原后的铁矿石和煅烧后的添加物送入第二流化床还原炉 (33), 利用第三流化床还原炉 (32) 排出的气体第二次预还原和煅烧细铁矿石和添加物;

将 (所需添加物总量的) 30-50% 的添加物和来自所述第二流化床还原炉 (33) 的经第二次预还原的细铁矿石和经第二次煅烧的添加物送入第三流化床还原炉 (32), 以利用熔化气化炉 (31) 排出的气体最终预还原和煅烧细铁矿石和添加物; 以及

将来自所述第三流化床还原炉 (32) 的最终预还原铁矿石和最终煅烧的添加物送入熔化气化炉 (31) 以熔化和还原它们, 从而制得铁水。

11. 如权利要求 10 所述的方法, 其特征在于, 第一流化床还原炉 (34) 的流化床温度保持在 700-750℃, 所述第二流化床还原炉 (33) 的流化床温度保持在 780-820℃, 所述第三流化床还原炉 (32) 的流



化床温度保持在 830-870℃。

12. 一种直接利用煤作为燃料制备铁水的方法，它包括以下步骤：

5       通过原料供应管（34f）将细铁矿石和部分细添加物（相当于添加物总需求量的 50-70%）送入第一流化床还原炉（34），利用第二流化床还原炉（33）排出的气体预热和预还原细铁矿石和煅烧添加物；

      将来自第一流化床还原炉（34）的预热和预还原后的铁矿石和煅烧后的添加物送入第二流化床还原炉（33），利用第三流化床还原炉  
10       （32）排出的气体第二次预还原和煅烧细铁矿石和添加物；

      将（所需添加物总量的）30-50%的添加物和来自所述第二流化床还原炉（33）的经第二次预还原的细铁矿石和经第二次煅烧的添加物送入第三流化床还原炉（32），以利用熔化气化炉（31）排出的气体最终预还原和煅烧细铁矿石和添加物；

15       将来自所述第三流化床还原炉（32）的最终预还原铁矿石和最终煅烧的添加物送入熔化气化炉（31）以熔化和还原它们，从而制得铁水；以及

      将氧气供入第一和第二气体加热器（332）和（342）以燃烧部分还原性气体，从而调节还原性气体的温度。

20

13. 如权利要求 12 所述的方法，其特征在于，第一流化床还原炉（34）的流化床温度保持在 700-750℃，所述第二流化床还原炉（33）的流化床温度保持在 780-820℃，所述第三流化床还原炉（32）的流化床温度保持在 830-870℃。

25

# 说明书

利用流化床制备熔融生铁和还原铁的装置，及其方法

## 5      发明领域

本发明涉及利用细铁矿石制备熔融生铁和直接还原铁的装置，及其利用该装置制备熔融生铁的方法。

## 10      发明背景

美国专利 4,978,387 公开了一种典型的利用原铁矿和煤在不进行预处理的情况下制备熔融生铁的方法。

根据该美国专利，直接使用原铁矿和煤，以便可跳过诸如烧结和焦化之类的预处理步骤，从而简化生产步骤和制造设施。

15

如图 1 所示，美国专利 4,978,387 的装置 400 包括：熔化气化炉 410，用于气化煤和熔化还原铁；填充床式预还原炉 432，用于利用熔化气化炉 410 产生的还原性气体间接还原铁矿石；以及其它辅助设备。

20

所述辅助设备包括：旋流分离器 411；再循环装置 412；熔化煅烧炉 413；以及文丘里洗涤器 433 和 434。

25

在熔化气化炉 410 中，煤被气化以产生间接还原铁矿石的还原性气体。并且，利用产生的热量熔化已在预还原炉 432 中被间接还原的还原铁。同时，预还原炉 432 利用熔化气化炉 410 的还原性气体间接还原原铁矿石和添加物。这样制得的还原铁被连续排放到熔化气化炉 410 内。

30

然而，在该方法中，原材料可以团块（8-35mm）的形式被使用，因此对原材料有限制。亦即，世界上铁矿石产品的 80%是细铁矿石，

而上述设备仅能使用团块铁矿石和昂贵的颗粒，因此导致严重缺陷。

同时，美国专利 5,192,486 公开了使用细铁矿石的直接还原铁矿石装置。

如图 2 所示，该装置 500 包括：流化床式预加热炉 544，用于借助于已经在燃烧室 547 中加热的热空气预热铁矿石；3 级还原炉 541、542、543；气体转化炉 545，用于产生还原性气体；热交换器 546，用于加热气体转化炉 545；气体净化洗涤器 549、550；以及制团机 516。

气体转化炉转化天然气，以产生用于还原铁矿石的还原性气体。随后热交换器 546 加热转化气，供给最终还原炉 541。还原性气体连续通过第二预还原炉 542 和第一预还原炉 543，由气体净化洗涤器 549 净化，以便通过热交换器 546 进行循环。细铁矿石被喂入预热炉以便被预热，随后通过第一预还原炉 543，第二预还原炉 542 和最终还原炉 541 以便被最终还原。还原铁由制团机 516 团聚成团块。

上述设备使用天然气，要求 4 级流化床式炉。因此，设备非常复杂，相应地，原始设备成本高，运行起来也很复杂。

## 发明概述

本发明旨在克服上述现有技术的缺点。

因此，本发明的目的是提供一种使用细铁矿石制备铁水的装置和方法，其中，使用煤产生还原性气体，并以简单而有效的方式使用细铁矿石制得铁水和还原铁。

为了部分和全部实现上述目的，根据本发明的直接使用煤作为燃料的制备铁水的设备特点在于：将高温还原性气体从熔化气化炉送到流化床石灰石煅烧炉以煅烧石灰石；还原性气体被供入第二流化床还

原炉以便直接制备还原铁；从第二流化床还原炉排出的气体被供入第一流化床还原炉（位于第二流化床还原炉上方），以便预热和预还原细铁矿石；以及煅烧后的石灰石和最后还原铁被供入熔化气化炉以制备铁水。

5

10

依本发明的另一方面，根据本发明的直接使用煤作为燃料的制备铁水的装置的特点在于：将高温还原性气体从熔化气化炉送到流化床石灰石煅烧炉以煅烧石灰石；还原性气体被供入第二流化床还原炉以便直接制备还原铁；从第二流化床还原炉排出的气体被供入第一流化床还原炉（位于第二流化床还原炉上方），以便预热和预还原细铁矿石，从而制备还原铁。

15

依本发明的又一方面，根据本发明的直接使用煤作为燃料的制备铁水的装置的特点在于：将熔化气化炉中的高温还原性气体送到第三流化床还原炉以最终还原和煅烧细铁矿石以及细添加物；该还原性气体被供入第二流化床还原炉以便第二次预还原和煅烧细铁矿石以及细添加物；从第二流化床还原炉排出的气体被供入第一流化床还原炉（位于第二流化床还原炉上方），以便第一次预还原和煅烧细铁矿石和细添加物，从而制备铁水。

20

依据本发明的又一方面，提供利用上述装置制备铁水的方法。

### 附图说明

25

本发明的上述目的和其他优点通过参照附图详细描述本发明的优选实施例，将会变得更加清楚。

图 1 是现有的铁水制备装置的示意图；

图 2 是现有的另一铁水制备装置的示意图；

图 3 是本发明的铁水制备装置的示意图；

30

图 4 是本发明的还原铁制备装置的示意图；

图 5 是本发明的铁水制备装置的另一实施例。

### 优选实施例

图 3 是本发明的铁水制备装置的示意图。如图 3 所示，本发明的铁水制备装置 100 包括：熔化气化炉 11，用于气化煤和熔化还原后的铁矿石；第三流化床煅烧炉 12，用于利用熔化气化炉 11 排出的气体煅烧石灰石；第二流化床还原炉 13，用于间接还原细铁矿石；第一流化床还原炉 14，用于预热和预还原细铁矿石；粉尘旋流分离器 111，用于将（从熔化气化炉 11 的还原性气体中分离出的）粉尘送入灰尘再循环装置 112，并将（从粉尘中分离出的）废气供给第三流化床煅烧炉 12；安装在熔化气化炉 11 上的熔化燃烧器 113，用于把来自粉尘再循环装置 112 的细铁矿石喷射到熔化气化炉 11 中，以及循环旋流分离器 121、131、141，用于捕获第一至第三流化床炉 12、13、14 排出气体中的细粉尘，并将粉尘再循环到各流化床炉。

根据本发明的装置优选包括：文丘里洗涤器 15，用于接受第一流化床炉 14 的第一循环旋流分离器 141 排出的气体，以捕获并冷却残余粉尘；和/或位于第二流化床炉 13 和第一流化床炉 14 上游的第二和第一气体加热器 132 和 142，用于接受氧气并加热还原性气体。

原材料供应管 14f 与第一流化床还原炉 14 连接，用于供应细铁矿石和添加物。第一流化床还原炉 14 通过第一还原铁排放管 14a 与第二流化床还原炉 13 相连，以供应铁矿石。而且，炉 14 通过第一气体供应管 14b 与第二流化床炉 13 相连，以供应气体。第一废气排放管 14c 与炉 14 的顶部相连，以排放废气，管 14c 与第一循环旋流分离器 141 相连。

而且，第一流化床还原炉 14 通过第一粉尘循环管 14d 连接到第一旋流分离器 141 以接受粉尘。

文丘里洗涤器 15 通过废气排放管 14e 连接到第一循环旋流分离器 141 上。

第二流化床还原炉 13 通过第二还原铁排放管 13a 与熔化气化炉 11 连通。炉 13 底部通过第二气体供应管 13b 与第三流化床煅烧炉 12 连通，以接受气体。第三废气排放管 13c 与炉 13 的顶部相连以排放废气。该废气排放管 13c 与第二循环旋流分离器 131 连通。

第四废气排放管 13e 通过第一气体供应管 14b 与第二循环旋流分离器 131 相连，用于将废气供应给第一流化床还原炉 14，同时废气与粉尘分离。第一气体加热器 142 安装在第一气体供应管 14b 和第四废气排放管 13e 之间。

而且，第二流化床还原炉 13 通过粉尘循环管 13d 与第二循环旋流分离器 131 相连，以接受来自它的粉尘。

第三流化床煅烧炉 12 与石灰石供应管 12f 相连，后者又与石灰石源（未示出）相连，以便供应石灰石。而且，炉 12 与生石灰排放管 12a 相连，用于排放煅烧后的生石灰。管 12a 与第二还原铁排放管 13a 相连。因此，第三流化床煅烧炉 12 通过生石灰排放管 12a 和第二还原铁排放管 13a 与熔化气化炉 11 连通。

第三流化床煅烧炉 12 底部通过第三气体供应管 12b 与粉尘旋流分离器 111 相连以接受气体。而且，第五废气排放管 12c 与炉 12 的顶部相连，以排放气体，第五废气排放管 12c 与第三循环旋流分离器 121 相连。

第三循环旋流分离器 121 与第六废气排放管 12e 相连，后者又与气体供应管 13b 相连，用于将废气供应到第二流化床还原炉 13，此时粉尘与气体分离。第二气体加热器 132 优选安装在第二气体供应管 13b

和第六废气排放管 12e 之间。

煅烧炉 12 通过第三粉尘循环管 12d 与第三循环旋流分离器 12i 相连，以接受粉尘。

5

还原性气体排放管 11a 与熔化气化炉 11 相连，同时它也与粉尘旋流分离器 11i 相连。因此，熔化气化炉 11 与粉尘旋流分离器 11i 连通以供应气体。

10 粉尘循环装置 112 通过一粉尘排放管 11b 与位于上方的粉尘旋流分离器 11i 连通，并通过粉尘注入管 11c 与安装在熔化气化炉 11 上的熔化燃烧器 113 连通。

15 图 4 是本发明的还原铁制备装置的示意图。如图 4 所示，与图 3 中的熔化还原装置 100 不同，还原铁制备装置 200 结构作成：第二流化床还原炉 13 的第二还原铁排放管 13a 不与熔化气化炉 11 相连，但是作成与外界连通或与制团机 16 连通。

20 而且，与图 3 中的熔化还原装置 100 不同的是，本发明的还原铁制备装置 200 作成：第二流化床还原炉 13 的第二还原铁排放管 13a 不与熔化气化炉 11 相连，但是作成与外界或制团机 16 连通。同时，生石灰供应管 12g 连接在流化床煅烧炉 12 和制团机 16 之间，用于将来自流化床煅烧炉 12 的生石灰供应到制团机 16。

25 图 5 是本发明的铁水制备装置的又一实施例的示意图。如图 5 所示，铁水制备装置 300 包括：熔化气化炉 31，用于气化煤和熔化还原后的铁矿石；第三流化床还原炉 32，用于利用熔化气化炉 31 排出的气体最终还原细铁矿石和煅烧细添加物；第二流化床还原炉 33，用于第二次预还原细铁矿石和煅烧细添加物；第一流化床还原炉 34，用于第一次预还原细铁矿石和细添加物；粉尘旋流分离器 311，用于将（从

30

还原性气体中分离出的) 粉尘送入粉尘再循环装置 312, 并将 (从粉尘中分离出的) 废气供给第三流化床还原炉 32; 安装在熔化气化炉 31 上的熔化燃烧器 313, 用于接受来自粉尘再循环装置 312 的细粉尘并将其喷射到熔化气化炉 31 中; 以及循环旋流分离器 321、331、341, 用于捕获流化床还原炉 32、33、34 排出气体中的细粉尘, 并将粉尘再循环到各流化床炉。

根据本发明的铁水制备装置优选包括: 文丘里洗涤器 35, 用于接受第一流化床还原炉 34 的第一循环旋流分离器 341 排出的气体, 以捕获并冷却残余粉尘; 和/或位于第一流化床还原炉 34 和第二流化床还原炉 34 上游的第一和第二气体加热器 342 和 332, 用于接受氧气以调节还原性气体的温度。

第一流化床还原炉 34 与原材料供应管 34f 相连, 用于接受细铁矿石和细添加物。

原材料供应管 34f 与第一细铁矿石供应管 34f1 相连, 后者又与细铁矿石源 (未示出) 相连。管 34f 与第二添加物供应管 34f2 相连, 后者又与添加物源 (未示出) 相连。

第一流化床还原炉 34 通过第一还原铁排放管 34a 与第二流化床还原炉 33 连通, 以运送铁矿石。炉 34 底部通过第一气体供应管 34b 与第二流化床还原炉 33 相连, 以接受气体。炉 34 顶部与第一废气排放管 34c 相连, 以排放废气, 并且后者又与第一循环旋流分离器 341 相连。

流化床还原炉 34 通过第一粉尘循环管 34d 与第一循环旋流分离器 341 相连, 以循环粉尘。

文丘里洗涤器 35 通过第二废气排放管 34e 与第一循环旋流分离器



器 341 相连。

第二流化床还原炉 33 通过第二还原铁排放管 33a 与第三流化床还原炉 32 连通。炉 33 底部通过第二气体供应管 33b 与第三流化床还原炉 32 相连，其顶部与第三废气排放管 33c 相连。

第三废气排放管 33c 与第二循环旋流分离器 331 连通，因此，第二流化床还原炉 33 通过第二粉尘循环管 33d 与第二循环旋流分离器 331 连通以循环粉尘。

第二循环旋流分离器 331 与第四废气排放管 33e 相连，该管 33e 与第一气体供应管 34b 相连，用于在将气体与粉尘分离后向第一流化床还原炉 34 供应废气。优选地，第一气体加热器 342 安装在第一气体供应管 34b 和第四废气排放管 33e 之间。

第三流化床还原炉 32 与第二添加物供应管 32f 相连，后者又与第一添加物供应管 34f2 相连，用于从添加物源（未示出）供应诸如石灰石或白云石之类的添加物。

第三流化床还原炉 32 与第三还原铁排放管 32a 相连，用于将最终还原铁和煅烧后的生石灰送到熔化气化炉 31，并且管 32a 与熔化气化炉 31 相连。

亦即，第三流化床还原炉 32 通过第三还原铁排放管 32a 与熔化气化炉 31 相连。

第三流化床还原炉 32 底部通过第三气体供应管 32b 与粉尘旋流分离器 311 相连以接受气体。炉 32 的顶部与第五废气排放管 32c 相连用于排放废气。管 32c 与第三循环旋流分离器 321 相连。

第三循环旋流分离器 321 与第六废气排放管 32e 相连，该管 32e 与第二气体供应管 33b 相连，用于在废气与粉尘分离后将废气供应给第二流化床还原炉 33。优选地，第二气体加热器 332 安装在第二气体供应管 33b 和第六废气排放管 32e 之间。

第三流化床还原炉 32 通过第三粉尘循环管 32d 与第三循环旋流分离器 321 相连以接受粉尘。

熔化气化炉 31 与还原性气体排放管 31a 相连，并且该管 31a 与粉尘旋流分离器 311 相连。因此，熔化气化炉 31 与粉尘旋流分离器 311 连通以输送气体。

粉尘循环装置 312 通过粉尘排放管 31b 与粉尘旋流分离器 311 连通，并通过粉尘注入管 31c 与安装在熔化气化炉 31 上的熔化燃烧器 313 相连。

下面描述利用本发明的铁水制备装置和还原铁制备装置制备铁水和还原铁的方法。

参照图 3 和 4 中的装置进行描述。

颗粒尺寸为 8mm 或更小的细铁矿石和添加物被送入第一流化床还原炉 14。在第一流化床还原炉 14 中，送入的铁矿石由从第二流化床还原炉 13 供入的还原性气体加热和预还原。此处，流化床温度应该优选保持在 700-800℃。该条件可防止铁矿石从赤铁矿 ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) 转变成磁铁矿 ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ )。亦即，如果温度保持在 650℃ 以下，赤铁矿石在转变成磁铁矿石后被还原。如果形成磁铁矿相并稳定，还原速度降低，其结果是需要的时间就延长了。而且气体利用率低，因此燃料成本提高。如果温度保持在 800℃ 以上，第一气体加热器 142 要求更多氧气，并且供入的氧气升温过快，导致发生粘连问题。因此，流化床最优选

的温度是大约 780℃或 750-800℃，如果供入的气体温度太低，一部分  
氧气进入第一气体加热器 142，烧掉部分还原性气体，从而调节了流  
化床的温度。供入第一流化床还原炉 14 的还原性气体已经在第二流  
化床炉 13 中进行过还原反应，因此它含有合适量的  $\text{CO}_2$ ，气体氧化  
率是大约 20%-30%。

已经在第一流化床还原炉 14 中以 30-50%比率预还原的预还原铁  
矿石被送入第二流化床还原炉 13。第二流化床还原炉 13 利用具有 5-  
10%氧化率的还原性气体，该还原性气体从流化床煅烧炉 12 供入，以  
便还原(从第一流化床还原炉 14 供入的)预还原铁矿石至还原率为 90%  
或更高，从而制备最终还原铁。此处，在反应室内的流化床优选保持  
在大约 850℃或 830-870℃。如果流化床的温度低于 830℃，还原率降  
低。如果流化床的温度高于 870℃，由于高温可能会发生粘连。

已经在第二流化床还原炉 13 中被还原的还原铁或者被送到熔化  
气化炉 11 中用于形成铁水，或者被送入高温制团机 16 用于形成还原  
铁团块。

熔化气化炉 11 中加入煤，产生还原性气体，用于还原铁矿石和  
煅烧石灰石或白云石。在此状态下，利用燃烧热量，第二流化床还原  
炉 13 的细还原铁和流化床煅烧炉 12 的生石灰一起熔化以产生铁水。  
与上还原炉和煅烧炉不同，熔化气化炉是固定床型，因此，为了形成  
煤密集床，至少 80%煤的颗粒尺寸为 8-50mm。熔化气化炉 11 可以使  
用普通的烟煤，如果必要可用焦炭或无烟煤。然而，如果要使烟煤中  
包含的挥发性有机物质完全分解，熔化气化炉 11 排出气体的温度至  
少 1000℃或更高。如果温度低于此，则有机物质(tar)不完全分解，  
焦油(tar)沉积在低温区(诸如水处理装置)从而堵塞流动管线。然  
而如果温度高于上述额定水平，燃料成本增加，因此合适的温度范围  
是 1000-1100℃。在熔化气化炉 11 中产生的还原性气体具有上述高的  
温度，因此它太热而不能直接供给第二流化床还原炉 13。亦即，如果

还原性气体温度太高，在铁矿石中会出现粘连。

为了解决这个问题，流化床石灰石煅烧炉 12 安装在熔化气化炉上方。亦即，煅烧石灰石化学上指： $\text{CO}_2$  从石灰石  $\text{CaCO}_3$  中分离出形成  $\text{CaO}$ ，亦即生石灰。该反应需要热量，因此，在本发明中，流化床煅烧炉 12 不仅制得生产铁水所需的生石灰，而且使得调节还原性气体的温度成为可能。生石灰是用来将铁矿石的脉石分离成熔渣的添加物。

例如，当煤在熔化气化炉 11 中燃烧时，产生的还原性气体量大约是  $1700\text{-}1800\text{Nm}^3/\text{吨铁水}$ ，而将气体从  $1000\text{-}1100^\circ\text{C}$  降温到  $900^\circ\text{C}$  所释放的热量是  $80\text{-}120\text{Mcal}/\text{吨铁水}$ 。同时，当石灰石 ( $\text{CaCO}_3$ ) 煅烧成生石灰 ( $\text{CaO}$ ) 时，需要的热量为  $430\text{Kcal/Kg}$  石灰石。如果考虑石灰石的煅烧和石灰石的升温是从室温升高到  $900^\circ\text{C}$ ，生产一吨铁水需要大约  $360\text{Kg}$  的石灰石，因此处理添加物所需的热量是大约  $240\text{Mcal}/\text{吨铁水}$ 。

因此，生产一吨铁水所用添加物的大约 30-50% 能被流化床煅烧炉 12 处理。其余 50-70% 的添加物被送入第一流化床还原炉 14 以便还原细铁矿石的同时进行煅烧。已经由流化床煅烧炉 12 煅烧的添加物与还原细铁矿石一起被送入熔化气化炉 11 以生产铁水和熔渣。

第二流化床还原炉 13 的温度优选调节到大约  $850^\circ\text{C}$ ，第一流化床还原炉 14 优选调节到  $780^\circ\text{C}$ 。为了调节和保持目标温度的恒定，第二气体加热器 132 和第一气体加热器 142 安装在各反应炉的上游。熔化气化炉 11 产生的还原性气体的热量是大约  $3000\text{Kcal/Nm}^3$ 。还原性气体每升温  $100^\circ\text{C}$  所需的热量是大约  $30\text{Kcal/Nm}^3$ 。因此，如果用于生产一吨的铁水所排出的还原性气体量由  $17\text{-}18\text{Nm}^3$  (还原性气体的 1%) 的氧燃烧，所述量的还原性气体能升温  $100^\circ\text{C}$ 。此处，每吨铁水所需的氧量是  $8\text{-}9\text{Nm}^3$ 。依此方式，如果调节注入气体加热器中的氧气量，

则可将温度升高到所需的温度水平。

下面描述使用图 5 中的装置制备铁水的方法。

5           颗粒尺寸为 8mm 或更小的细铁矿石和添加物分别通过细铁矿石供应管 34f1 和第一添加物供应管 34f2 送入原料供应管 34f。随后通过原料供应管 34f 送入第一流化床还原炉 34。

10           通过添加物供应管 34f2 和原料供应管 34f 供入的细添加物量优选是生产铁水所需的总添加物量的 50-70%。

已经送入第一流化床还原炉 34 的细铁矿石被还原性气体（亦即，从第二流化床还原炉 33 排出的气体）预热并预还原，而添加物被煅烧，所述气体是在通过第二流化床还原炉 33 之后被供入的。

15           在此状态下，流化床的温度优选保持在 700-800℃。该条件可防止铁矿石从赤铁矿（ $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ）转变成磁铁矿（ $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ）。亦即，如果温度保持在 650℃ 以下，赤铁矿石在转变成磁铁矿石后被还原。如果形成磁铁矿相并稳定，还原速度降低，其结果是需要的时间就延长了。而且  
20           气体利用率低，因此燃料成本提高。如果温度保持在 800℃ 以上，第一气体加热器 342 要求更多氧气，并且氧气升温过快，导致发生粘连问题。因此，流化床最优选的温度随着所用的细铁矿石的种类不同而不同，但应该是大约 720℃ 或 700-750℃。

25           如果供入第一流化床还原炉 34 的气体温度太低，一部分氧气进入第一气体加热器 342，烧掉部分还原性气体，从而调节了流化床的温度。供入第一流化床还原炉 34 的还原性气体已经在第二流化床炉 33 中进行过还原反应，因此它含有合适量的  $\text{CO}_2$ ，气体氧化率是大约  
30           30%-40%。

已经在第一流化床还原炉 34 中以 30%比率预还原的预还原铁矿石被送入第二流化床还原炉 33。

5 第二流化床还原炉 33 利用具有 15-20%氧化率的还原性气体，该还原性气体从第三流化床炉 32 供入，以便第二次预还原（从第一流化床还原炉 34 供入的）预还原铁矿石至还原率为 50-60%。在此条件下，第二流化床还原炉 33 的流化床温度优选保持在大约 780℃或 780-820℃。

10 已经供到第二流化床还原炉 33 的还原性气体已经下降到 800℃以下，因此该温度可被利用。

15 然而，在第二流化床还原炉 33 的流化床温度下降到 790℃或保持在 800-820℃的情况下，氧气可能会注入第二气体加热器 332，以最终调节流化床的温度到最佳水平。

20 如果第二流化床还原炉 33 的流化床温度下降到 780℃以下，可能输出到第三流化床还原炉 32 的预还原铁的还原率下降，这不是所希望的。从第二流化床还原炉 33 排出的，以 50-60%预还原率被第二次预还原的铁和第二次被煅烧的添加物被送入第三流化床还原炉 32。

25 第三流化床还原炉 32 使用氧化率为 3-7%，从熔化气化炉 31 供入的还原性气体，以便还原（从第一流化床还原炉 34 供入的）预还原铁矿石至 90%或更高的还原率，从而生产最终还原铁。此处，在第三流化床还原炉 32 内的流化床温度优选保持在大约 850℃或 830-870℃。

30 如果流化床的温度低于 830℃，还原率下降。如果流化床的温度高于 870℃，可能会由于高温出现粘连现象。

为了确保流化床的最佳温度水平，石灰石或白云石作为温度调节手段通过第二添加物供应管 32f 被送入第三流化床还原炉 32。

送入第三流化床还原炉 32 的添加物量是生产铁水所需的添加物总量，小于已经供入第一流化床还原炉 31 的添加物量。

亦即，送入第三流化床还原炉 32 的添加物量相当于生产铁水所需的添加物总量的 30-50%。随后会有更多描述。

在第三流化床还原炉 32 中被最终还原和煅烧的还原铁和煅烧添加物被送入熔化气化炉 31，以便生产铁水。

煤被送入熔化气化炉 31，以便熔化气化炉 31 能产生还原性气体。该还原性气体被用来还原原细铁矿石，并用来煅烧诸如石灰石和白云石之类的添加物。而且，这样产生的燃烧热被用来熔化最终还原了的细铁矿和最终煅烧了的生石灰，以便生产铁水。

与上述流化床式还原炉不同，熔化气化炉是固定床型，因此，为了形成煤密集床，至少 80% 煤的颗粒尺寸为 8-50mm。熔化气化炉 31 可以使用普通的烟煤，如果必要可用焦炭或无烟煤。然而，如果要使烟煤中包含的挥发性有机物质完全分解，熔化气化炉 31 排出气体的温度至少 1000℃ 或更高。如果温度低于此，则有机物质 (tar) 不完全分解，焦油 (tar) 沉积在低温区 (诸如水处理装置) 从而堵塞流动管线。然而如果温度远高于上述额定水平，燃料成本增加，因此合适的温度范围是 1000-1100℃。在熔化气化炉 31 中产生的还原性气体具有上述高的温度，因此它太热而不能直接供给第二流化床还原炉 32。亦即，如果还原性气体温度太高，在铁矿石中会出现粘连。

为了解决这样的问题，向第三流化床还原炉 32 供入合适量的诸如石灰石和白云石之类的添加物。

以添加石灰石为例，煅烧石灰石化学反应如下： $\text{CO}_2$  从石灰石  $\text{CaCO}_3$  中分离出形成  $\text{CaO}$ ，亦即生石灰。该反应需要热量，因此，在本发明中，流化床还原炉 32 不仅制得生产铁水所需的生石灰，而且使得调节还原性气体的温度成为可能。生石灰是用来将铁矿石的脉石分离成熔渣的添加物。

例如，当煤在熔化气化炉 31 中燃烧时，产生的还原性气体量大约是  $1800\text{Nm}^3/\text{吨铁水}$ ，而将气体从  $1050^\circ\text{C}$  降温到  $850^\circ\text{C}$  所释放的热量是  $120\text{Mcal}/\text{吨铁水}$ 。

同时，当石灰石 ( $\text{CaCO}_3$ ) 煅烧成生石灰 ( $\text{CaO}$ ) 时，需要的热量为  $430\text{Kcal}/\text{Kg}$  石灰石。如果考虑石灰石的煅烧和石灰石的升温是从室温升高到  $850^\circ\text{C}$ ，生产一吨铁水需要大约  $360\text{Kg}$  的石灰石，因此处理添加物所需的热量是大约  $240\text{Mcal}/\text{吨铁水}$ 。同时，从第二流化床还原炉 33 排出的将要送入第三流化床还原炉的预还原铁温度是大约  $780^\circ\text{C}$ 。因此，如果要升高到  $850^\circ\text{C}$ ，需要的热量大约是  $30\text{Mcal}$ 。

因此，生产一吨铁水所用的大约 30-50% 的添加物能被流化床煅烧炉 32 处理。

其余的 50-70% 的添加物被送入第一流化床还原炉 14 以便与细铁矿石在经过第二和第三流化床还原炉 33 和 32 期间的还原同时进行煅烧。

已经由第三流化床还原炉 32 中煅烧的添加物与还原细铁矿石一起被送入熔化气化炉 31 以生产铁水和熔渣。

第一流化床还原炉 34 和第二流化床还原炉 32 之间的送入的添加物比率取决于上述气体的额定温度和量。该比率可随着工作条件的变



化而进行调节。

亦即，以这样的方式调节添加物送入比率：使得各流化床炉的温度控制到上述的最佳水平。

5

第一流化床还原炉 34 的温度优选  $720^{\circ}\text{C}$ ，第二流化床还原炉 33 优选  $780^{\circ}\text{C}$ ，第三流化床还原炉 32 优选  $850^{\circ}\text{C}$ 。

10

因此，根据煤和细铁矿石的性能，生产一吨铁水所需的还原性气体量在  $1500-1800\text{Nm}^3$  范围内，熔化气化炉 31 排出的气体温度可在  $1000-1100^{\circ}\text{C}$  范围内变化。因此，生产一吨铁水所需的添加物的 30-50% 被送入第三流化床还原炉 32 以进行温度调节和煅烧。大约 50-70% 的添加物被送入第一流化床还原炉 34 以便在经过第二和第三流化床还原炉 33 和 32 进行细铁矿石还原的同时煅烧添加物。

15

同时，由于热损失，第二和第一流化床炉 33 和 34 的温度下降到目标温度以下。

20

因此，为了调节和保持目标温度的恒定，第二气体加热器 332 和第一气体加热器 342 安装在第二和第一流化床还原炉 33 和 34 的上游。

25

例如，降低熔化气化炉的还原性气体的高温 ( $1000^{\circ}\text{C}$ ) 至第三流化床还原炉 32 的合适温度 ( $850^{\circ}\text{C}$ ) 的简单控制方法是一部分 (40%) 添加物被供入第三流化床还原炉 32，而升高第二和第一流化床还原炉的低温至最佳水平的有用控制手段是安装气体加热器 332 和 342。

30

熔化气化炉 31 产生的还原性气体的热量是大约  $3000\text{Kcal/Nm}^3$ 。还原性气体每升温  $100^{\circ}\text{C}$  所需的热量是大约  $30\text{Kcal/Nm}^3$ 。因此，如果用于生产一吨的铁水所排出的还原性气体量由  $17-18\text{Nm}^3$  (还原性气体的 1%) 的氧燃烧，所述量的还原性气体能升温  $100^{\circ}\text{C}$ 。此处，每吨铁

水所需氧量是  $8-9\text{Nm}^3$ 。依此方式，如果调节注入气体加热器中的氧量，  
则可将温度升高到所需的温度水平。

5 依照本发明上面所述，煤用来产生还原性气体，直接使用细铁矿石。因此，可以简单而有效的方式制备铁水和还原铁。

图1

400

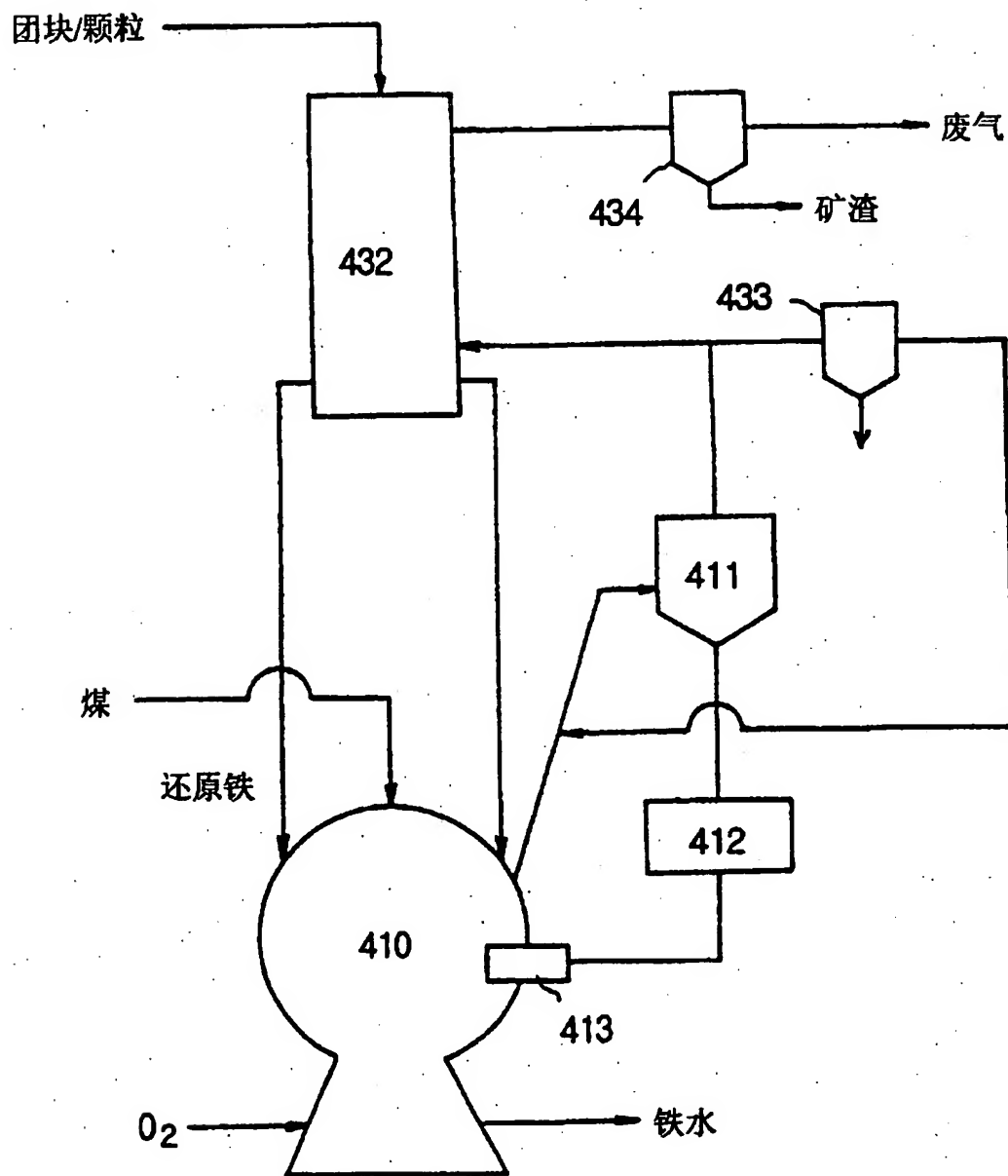


图2

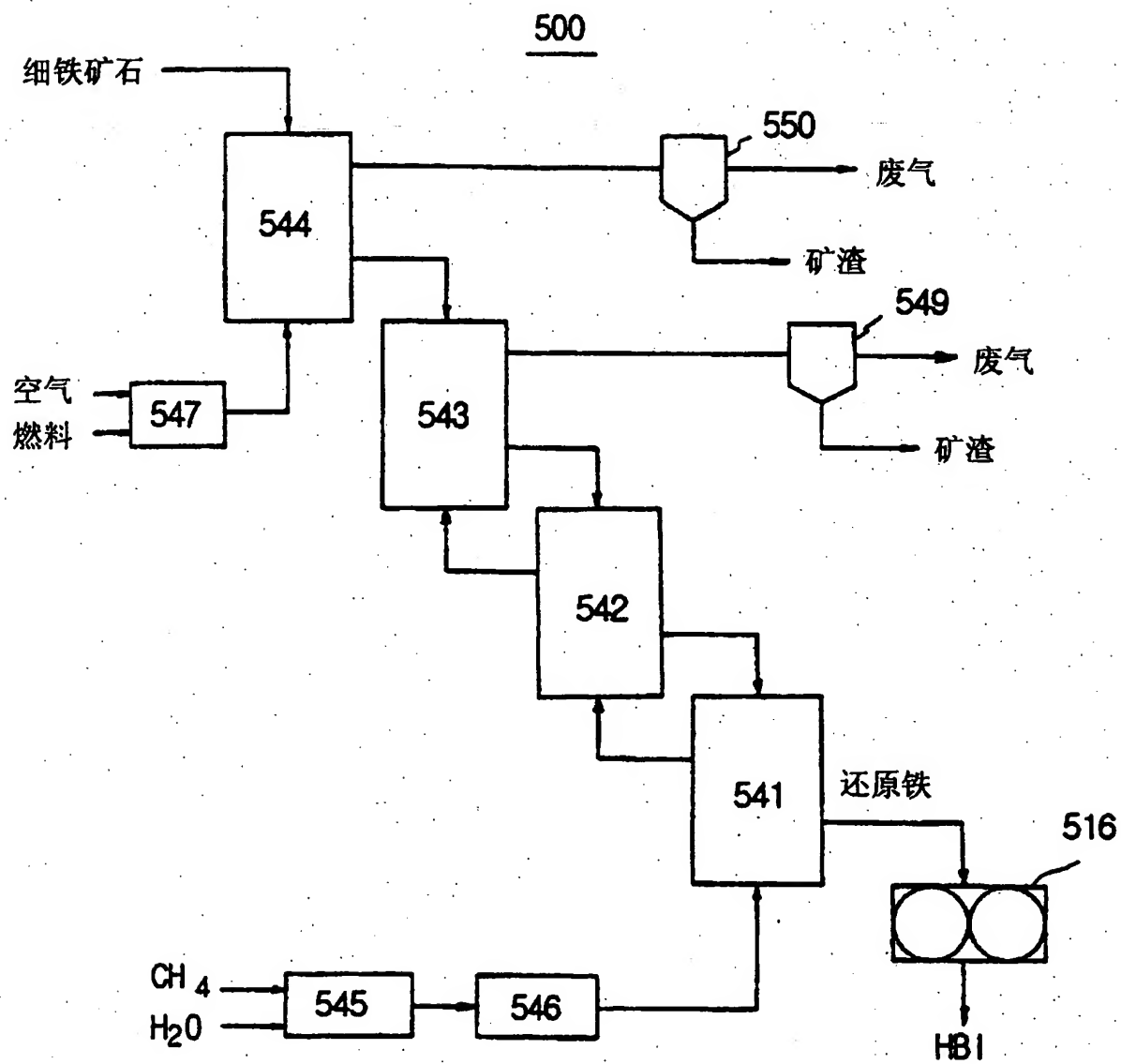


图3

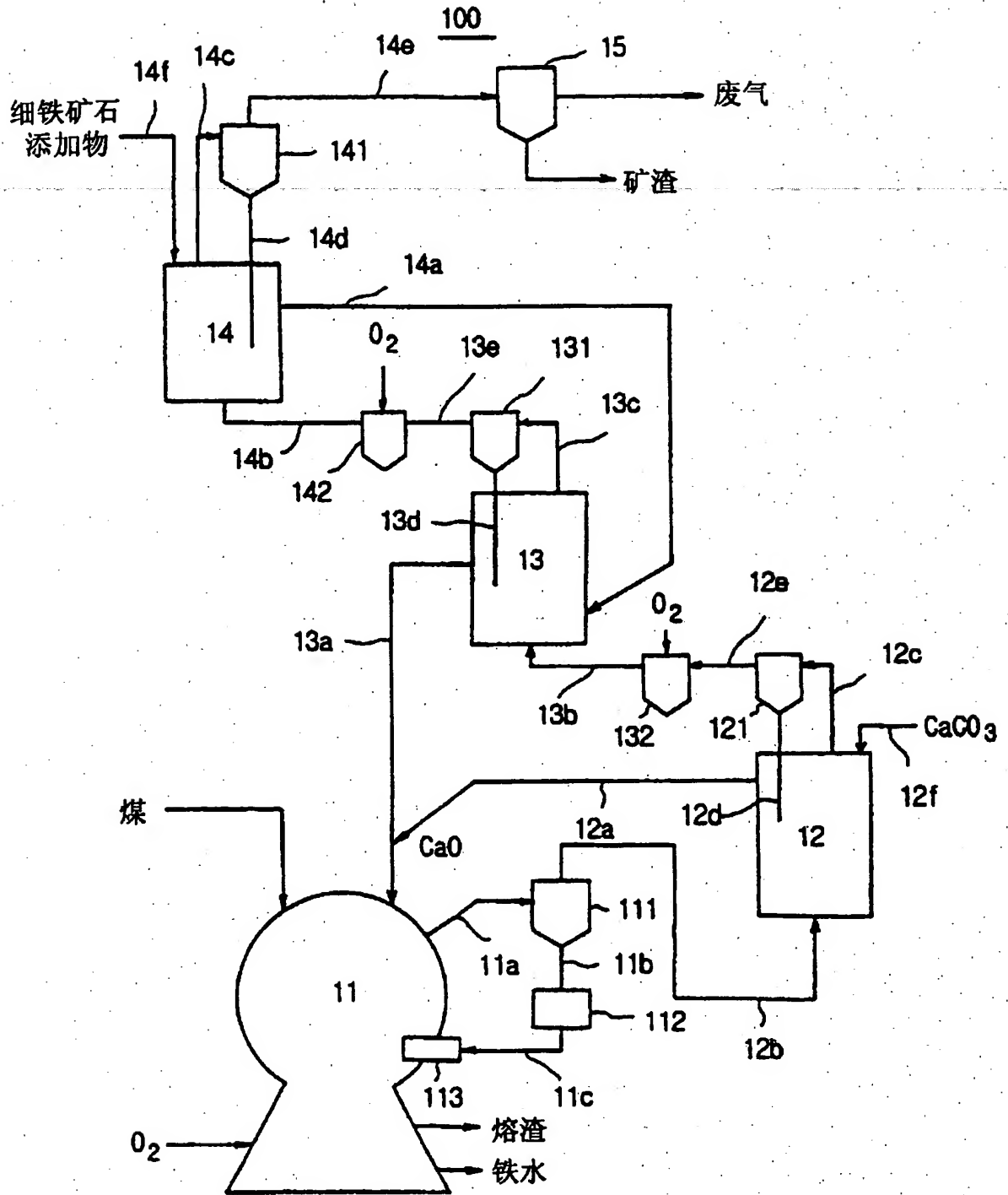


图4

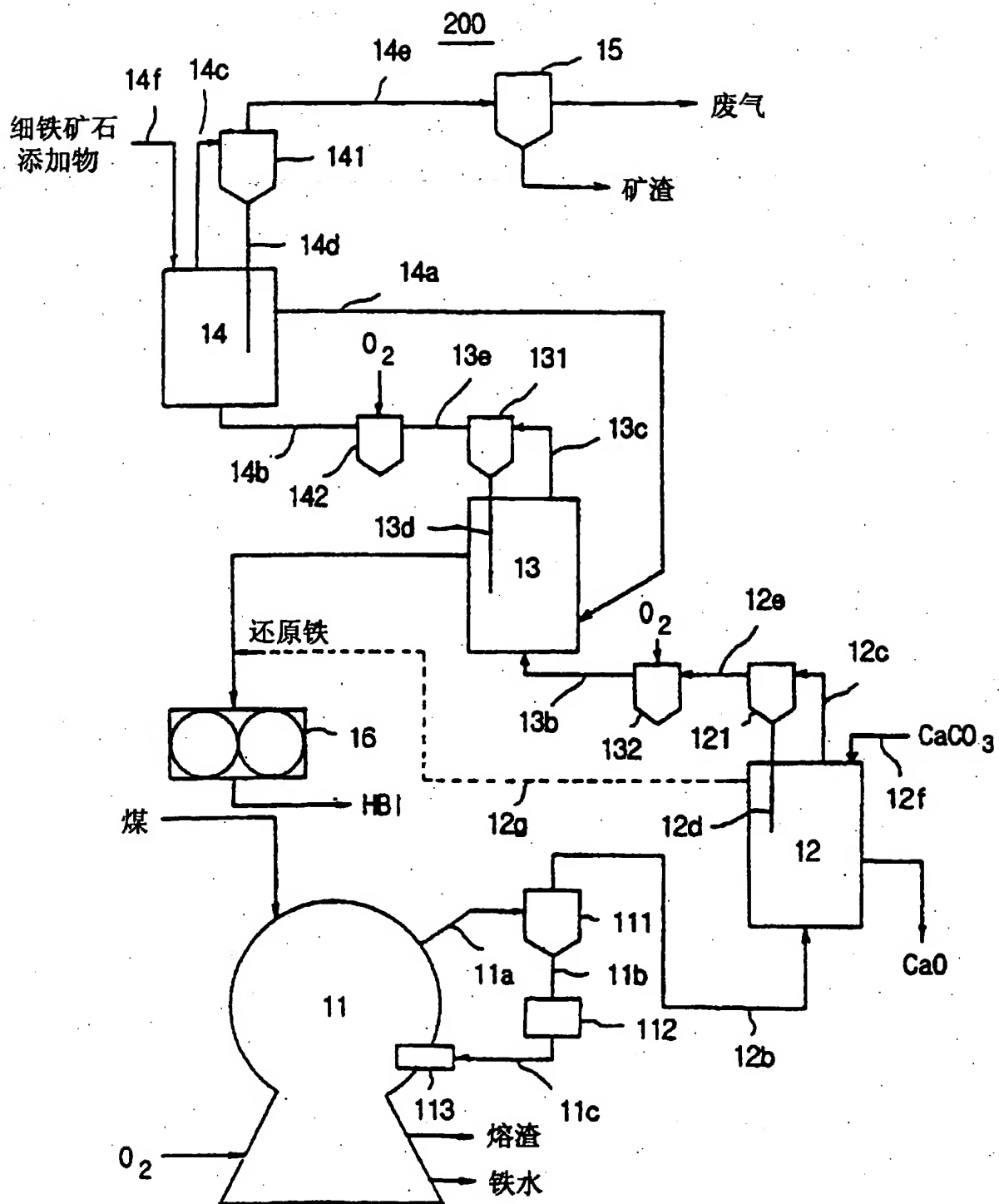


图5

